

A mikroelem felvételének tanulmányozása a keszthelyi rétlápon. I.

BELÁK SÁNDOR, GYÖRI DÁNIEL, SÁMSON ZOLTÁN,
SZALAY SÁNDOR, SZILÁGYI MÁRIA és TÓTH ANDRÁS

*Agrártudományi Főiskola, Keszthely és MTA Atommag
Kutató Intézete, Debrecen*

A lápterületek okszerű hasznosítása népgazdasági érdek. Bár hazánkban egyéb országokhoz viszonyítva kisebb a kiterjedésük, értékes tulajdonságaik mégis indokolják a hasznosítást. Vízrendezéssel értékes termőtalajjá alakíthatók, kitermelve fontos ipari alapanyagot szolgáltatnak. Mezőgazdasági hasznosításuk tekintetében elsősorban mint szántóterület érdemelnek figyelmet a nagy termések elérésének lehetősége miatt.

Az eddigi kutatások elsősorban a szántóföldi hasznosítás kérdéseit tanulmányozták. Egyes kérdések megvitatására, így a termesztett vegetációk biológiai értékének tanulmányozására, a talaj védelmére, a kitermelt tőzeg sokrétű felhasználására stb. a soronkövetkező kutatások során kell választ kapni. E kérdések megoldása azonban sokrétű vizsgálatot, értékelést, több kutató együttműködését kívánja meg. Ezt a célt szolgálja a debreceni Atommag Kutató Intézet, valamint a keszthelyi Agrártudományi Főiskola munkatársainak tudományos együttműködése, amely a magyarországi rétlápok mikroelem problematikájával foglalkozik.

Irodalmi áttekintés

Magyarországi lápokkal kapcsolatos ismereteink Galerius római császár idejére nyúlnak vissza, amikor a balatoni mocsaras területek egy részét lecsapolták és a telepéseket gazdag termőterülethez juttatták (BABOS és MAYER [2]). A történelmi múlt ellenére a szélesebb körű felhasználásra csak az 1800-as évek végén került sor, BLEUER [6], CZIRBUS [8], CSERHÁTI [7], DORNER [9], FÁBER [10], GLASER [11], GYÁRFÁS [12], KENESSEY [19], KOTZMANN [21] és LÁSZLÓ [22] az 1900-as évek elején tanulmányokat készítenek a hazai lápok hasznosítására. Azonban a legfontosabbat a vízrendezést, az előfeltételek biztosítása hiányában, valamint a magas önköltségek miatt megoldani egyáltalán nem, vagy csak részben tudják. A megoldások legtöbb esetben a külföldi tapasztalatokra szorítkoznak. Ennek köszönhető nagyrészt, hogy a korábban még 350–400 ezer kh-t kitevő magyarországi lápterületből ma már csak 200 ezer kh-val rendelkezünk.

A lápterületek szélesebb körű felhasználására a kutatás 1950-től indult meg. BELÁK [3], KEMENESY [17], és TÓTH [30] megállapítják a hasznosítás legkedvezőbb módját. BELÁK [4, 5] a növények vízigényével, KEMENESY [18] az ökonómiával, TÓTH [31] a tápanyaggazdálkodás megoldásával kapcsolatban

ér el eredményeket. Az eljárások hatására az egyéb talajtípusokon eddig ismeretlen, szokatlanul nagy termés hozamok elérésére került sor. A gyakorlat során azonban feltűnt, hogy az egyébként külsőleg teljesen kielégítő takarmány kedvezőtlen hatást vált ki az állattartásban. Az állatok fejlődése visszaesik, életfunkcióikban kedvezőtlen változások következnek be. TÓTH [32, 33] a lápi takarmány biológiailag kisebb értékét a beltartalom kedvezőtlen összetételében keresi. Bár a biológiai értéket befolyásoló tényezőkre nem ad választ, mégis a mikroelemek alkalmazását szorgalmazza. VOISIN [40], TÖLGYESI és MÓCSI [39], GYÓRI [13] már sokoldalú vizsgálattal bírálják a lápon termesztett növények értékét. Véleményük szerint a kedvezőtlen hatást a mikroelem ellátásban a tápanyagarányok eltolódásában kell keresni.

Jelenlegi trágyázási rendszerünkben mikroelemek terén részben a talajban természetesen előforduló, részben az alkalmazott trágyaszerben szennyezés formájában jelenlevő mennyiségekre vagyunk utalva. BELÁK [5], TÓTH és SZABÓ [34] a mikroelemek alkalmazhatóságát és hatékonyságát vizsgálják. Az alkalmazott mikroelemek hatására a növények szignifikáns terméskülönbséggel reagálnak. Megállapítják a mikroelemek okozta termés hozam változásokat, de a növény által felvett mikrotápanyagok mennyiségét, valamint a talaj viselkedését a mikroelemekkel szemben még nem vizsgálják. Amikor GYÓRI D. [15] részletesen tanulmányozza a hazai lápok mikroelem tartalmát. TÖLGYESI és HARASZTI [35, 37, 38, 39] pedig a növények által felvett mennyiséget, kitűnik, hogy a mikroelem ellátásban a talaj biogén eredete a legfontosabb meghatározó. A külföldi irodalomban pl. PEJVE [23] könyvében részletesen foglalkozik növények mikroelem felvételével különböző típusú talajokon. Észlelték, hogy tőzeges láptalajokon a mikroelemek éhezés igen gyakori. A nemzetközi irodalomban számos helyen találunk utalást arra, hogy egyes mikroelemek (pl. réz) erősen megkötődnek a talaj organikus anyag tartalmán.

Egészen más úton jutottak ezen jelenség okának felderítéséhez SZALAY és munkatársai. SZALAY már 1952-ben [25] megállapította, hogy az uránium megkötődését biolitokban a tőzeghumuszsavakon történő szorpció okozza. Ez a szorpció kationcserés folyamat. Azóta kiderült, hogy az oldhatatlan tőzeghumuszsavak nemcsak az urániumot, hanem nagyon sok más, közepes, vagy nagyobb atomsúlyú kationt megkötnek rendkívül híg, vizes oldatból is (SZALAY [26], SZABÓ [24], SZALAY és SZILÁGYI [27]). A megkötést kb. 10 000 : 1 arányú megoszlási hányados jellemzi, azaz a szorpciós egyensúly beállta után a fémionok szinte eltűnnek a talajvízből és koncentrációjuk cca. 1/10 000-ed része a tőzegben mutatkozó koncentrációnak. Amikor ez az új jelenség nyomfémek feldúsulását okozza tőzegben, ugyanakkor az eltűnésüket okozza a talajvízből. SZALAY és SZILÁGYI megállapították, hogy a növények szempontjából fontos mikroelemek közül a bór kivételével az oldhatatlan tőzeghumuszsavak valamennyit megkötik kisebb-nagyobb, de többnyire többezerszeres megkötési tényezővel (SZALAY és SZILÁGYI [28, 29]. Radioizotópokkal végzett vizsgálatokból nyilvánvaló, hogy az ionos oldott állapotban a talajba mesterségesen juttatott mikroelemek is ugyanilyen nagy visszatartási tényezővel megkötődnek a tőzeghumuszsavakon és a növények számára szinte hozzáférhetetlenné válnak.

Ezek alapján indokoltnak látszott növényházi tenyészedény kísérletekben, kontrollált körülmények között mikroelem műtrágyázási kísérleteket beállítani olyan humuszsavdús láptalajon, amelynek ioncserélő tulajdonságait

(visszatartási tényezőjét) radioaktív izotópos nyomjelzéssel laboratóriumban megvizsgáltuk.

A kísérleteket ez alkalommal szudáni cirokfűvön (*Sorghum halepense* var. *sudanense*) végeztük. Kapacitás és növényház férőhely hiánya miatt további növények megvizsgálására csak később kerülhet sor.

A kísérlet céljára felhasznált talaj jellemzése

Hazánk egyik legnagyobb és legkedvezőbb vízgazdálkodású lápterületéről, a kisbalatoni lápterületről vettük a talajt, amely szántóföldi művelés alatt még nem állott. Típusát tekintve nád-sás összetevőjű rétláp. A tenyészedény-kísérlet céljára a felszíntől számított 10–30 cm-es réteget használtuk. E talaj vizsgálati adatait légszáraz anyagra vonatkoztatva a K és P hozzáadása előtt az 1. táblázatban közöljük.

1. táblázat

Kutatás céljára felhasznált talaj vizsgálati adatai (Keszthely. Újmajori lápterület)

pH HOH-ban	6,88
pH KCl-ben	6,82
Szervesanyag (éghető)	86,12%
Hamu	13,88 %
Összes CaCO_3	2,4%
Összes N	2,17%
Összes P_2O_5	261,40 mg/100 g.
Összes K_2O	159,10 mg/100 g.
Amm. lakt. P_2O_5	18,60 mg/100 g.
Amm. lakt. K_2O	7,30 mg/100 g.
Ca lakt. P_2O_5	13,40 mg/100 g.
Ca lakt. K_2O	7,40 mg/100 g.

Láptalaj és talajvíz természetes mikroelem tartalmának vizsgálata

Analitikai vizsgálataink Fe, Mn, Zn, Cu és Co elemekre terjedtek ki. Valamennyi fontosabb tápelem mennyiségét meghatároztuk növénymintákban, a felhasznált láptalajban és a talajszelvény készítés után nyomban feltörő — altalajból származó — talajvízben. Minthogy az előző ioncserés vizsgálatokból tudtuk, hogy a humuszsavak a fémionokat nagymértékben megkötik, megvizsgáltuk a talajvíz iontartalmát a feltalajjal való összekeverés és 5 napi állás után beállott szorpciós egyensúlyban is. A vas ugyan nem mikroelem, de régebbi ioncserés vizsgálatainkból tudtuk, hogy a humuszsavak erősen megkötik, azaz a vaséhség ezért elképzelhető, ezért terjesztettük ki vizsgálatainkat a növényminták vastartalmára is.

Az egyes fémek analitikai vizsgálatát Győri [14], Babko és Pilipenko [1], Koch, Koch és Dédic [20] szerint az alább ismertetett módszerekkel végeztük:

A vas meghatározása a jól ismert vas-diszalicilát komplex alakjában történt. Mangán vizsgálatainkat ezüst katalizátor jelenlétében részben perszulfátos módszerrel, részben perjodátos módszerrel végeztük. A cink analíziseinkhez a dithizonos eljárást alkalmaztuk CCl_4 -os extrakcióval. A réz tartalom vizsgálatát a réznek Na-dietilditiokarbamáttal alkotott sárgásbarna komplexe

alapján végeztük ugyancsak kolorimetriás eljárással. Végül a *kobaltot* gyengén savanyú közegben a 2-nitrozo-1-naftollal képzett piros színű komplexével határoztuk meg, amely benzollal, toluollal és más szerves oldószerekkel jól extrahálható.

A vizsgálati eredmények a talajvíz összes mikroelem tartalmát mutatják, ennek egy része feltehetően organikusan kötött. A talajvíz jelentős mennyiségű, szűrőpapírral ki nem szűrhető szervesanyagot tartalmazott (230 mg/l KMnO_4 fogyasztás!) (2. táblázat).

2. táblázat

A felhasznált láptalaj és talajvíz mikroelem tartalma

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Elem	Clarke szám	Láptalaj	Altalajvíz	Altalaj/víz egyensúlyban	Megoszlási hányados talaj/víz	Radioizotóppal mért visszatartási hányados (It, F.)
		mikroelem tartalma				
	ppm					
Fe	47 000	2300	0,14	0,28	8200	Fe ²⁺ * 910* Fe ³⁺ * 26 000*
Mn	850	610	5,00	0,244	2500	2 000
Zn	200	64,5	0,06	0,046	1405	8 600
Cu	100	6,66	0,048	0,003	2220	4 000
Co	18	2,95	0,0024	0,0021	1410	6 900

* Szabó I. más főzegen nyert adatai.

Az első oszlopban a Clarke számot tüntettük fel. A Clarke szám az illető elem átlagos előfordulása a szilárd földkéreg felső 16 km-es zónájában, ppm-ben kifejezve. Hozzávetőleg ilyen elemkoncentráció várható egy gránitból mállott, ki nem lúgozott ásványi talajban.

A frissen megásott, mintegy 80 cm mély gödörben gyorsan feltörő talajvíz jelentős mangán tartalmat mutatott, ami a növények bőséges ellátására elég lett volna (lásd a 2. táblázat altalajvíz oszlopát!). Amikor azonban ezt az altalajvizet 1:1 súlyarányban elkevertük a feltalajjal és 5 napig állni hagytuk, majd utána szűréssel megint szétválasztottuk tőle, akkor azt tapasztaltuk, hogy nagyon lecsökkent benne a mikroelemek koncentrációja. A táblázat negyedik oszlopa ezt mutatja. A megoszlási hányados az illető elem koncentrációja a talajban, osztva a koncentrációval a vízben a szorpciós egyensúly esetén.

Összehasonlításképpen a táblázat utolsó oszlopában szerepeltetjük laboratóriumban radioaktív izotópokkal SZALAY és SZILÁGYI 1967-ben közölt módszerével [28] végzett szorpciós egyensúlyi vizsgálatok visszatartási tényezőit ugyanezen talajra.

Visszatartási hányados (R.F.) alatt értjük azt a hányadost, amelynek a számlálójában a talaj mikroelem koncentrációja, a nevezőjében pedig a víz mikroelem koncentrációja szerepel, a szorpciós egyensúly beállta után mérve. A visszatartási hányados közvetlen jelentőségét a talajtanban a következő megfontolással szemléltethetjük:

Ha réz ionokat (pl. vízben oldott CuSO_4) permetezünk a láptalaj felszínére, akkor ez a legfelső rétegben azonnal megkötődik, az adott talaj esetén mintegy 4000-szeres visszatartási hányadossal. Ez a hányados azt is jelenti, hogy 4000 cm magasságú vízoszlopnak megfelelő természetes csapadék átiszívargása 1 cm-el vinné mélyebbre a megkötött réztartalmat. Ennyi csapadék Magyarországon cca. 80 év alatt esik le. Ez a példa szemléletesen mutatja, hogy az oldhatatlan humuszsavak szinte eltávolíthatatlanul megkötik a kationokat és azok gyakorlatilag többé nem lúgozódhatnak ki, amíg csak a felszínen levő humuszsavak oxidáció révén le nem bomlanak (oxidatív degradáció, kotusodás).

A táblázat a talaj elhamvasztása után a hamu teljes kémiai feltárásával meghatározott teljes mikroelem tartalmát mutatja, amelynek természetesen csak kis része lehet a növények számára hasznosítható.

A 2. táblázat adataiból a következő megállapításokat vonhatjuk le:

1. A magas szervesanyag tartalom ellenére a kísérleteinkhez használt láptalaj Mn és Zn elemekben jól ellátottnak mondható. Relatívén legnagyobbnak a hiány Cu tartalomban. (A Clarke számnak csupán cca. 7%-a, valamivel jobb a Co-ban, a Clarke számnak cca. 16%-a!) A vastartalom ugyan kicsi a Clarke számhoz képest (cca. 5%-a) de a növények számára bőségesen elegendő lenne, ha hozzáférhető volna.

2. Bár eredetileg az altalajból frissen feltörő talajvíz bőségesen tartalmazott Mn-t, ezt a humuszsavak szorpció útján gyorsan megkötötték és úgy ennek, mint a réz ionnak a koncentrációja a szorpciós egyensúly beállta után erősen csökkent. A megkötési hányados 1400–8000 között mozgott, jó összhangban az izotópos szorpciós kísérleteinkkel, de azoknál mégis kisebb mértékű volt.

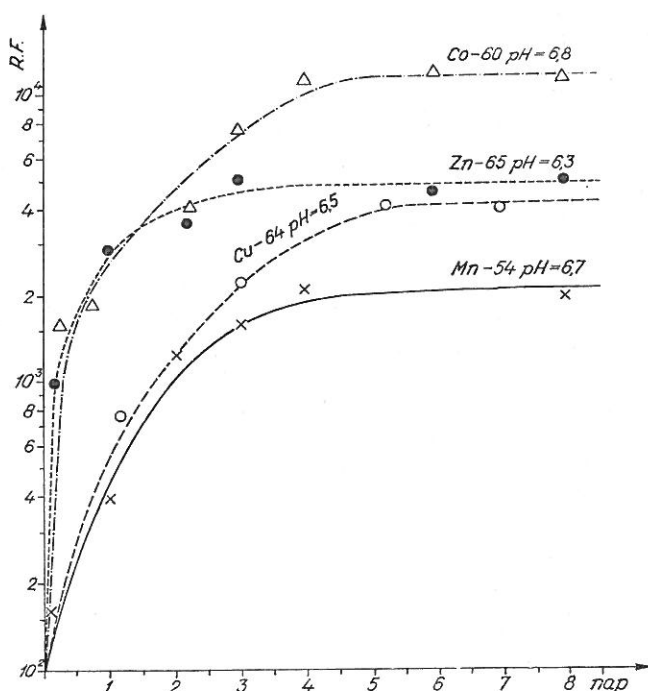
A láptalaj szorpció tulajdonságainak vizsgálata nyomtápelemekkel szemben

A vizsgálat ugyanazzal az eljárással és ugyanazon módon történt, ahogy azt SZALAY és SZILÁGYI 1967-ben keceli tőzegtalaj hidrogénezett formáján már közzétették (SZALAY és SZILÁGYI, M. [28]). Minthogy termesztési kísérletekről van szó, most nem alkalmazhattunk savas kezelést, hanem a tenyészedény kísérletek részére begyűjtött tőzeges láptalajt eredeti formájában, tehát szorbeált kalciumos formájában vizsgáltuk. A vizsgálati eljárás a fent idézettől abban különbözött, hogy a szorpciós egyensúly beálltát hosszabb időn át vizsgáltuk, mert feltételeztük, hogy az itt természetes állapotban fellépő pH értékeknél nagyfokú a hidrolízis a nyomtápelemek esetén és az egyensúly beállta hosszú időt vesz igénybe.

Az 1. ábra mutatja a szorpciós egyensúly beállását az idő függvényében. Az ordináta a visszatartási tényező (R.F.). Az általános tapasztalat az, hogy valamennyi elem esetén a szorpciós egyensúly beállításához legalábbis 3–5 napra volt szükség, bár már egy órán belül is igen jelentős szorbeálódás volt tapasztalható. Tekintettel arra, hogy tenyésztési kísérleteink több hónapig tartottak és a mikroelem műtrágyát a talajkezelt edényeknél már a kísérlet előtt hozzákevertük a talajhoz, a szorpciós megoszlás végső egyensúlyi értékét kell mértékadónak tekinteni. Ezt az értéket (R.F.) itt „visszatartási tényezőnek” nevezzük.

Ez alkalommal a Cu, Co, Zn és Mn izotópok megoszlását mértük meg. Amint a 2. táblázatban látható, a megoszlás most is többbezerszeres visszatartási tényezővel a tözeghumuszsavakon kimutatott dúsulást mutatja éppúgy, mint a keceli tőzegen végzett kísérleteinkben. Lényegében az várható, hogy a jelen kísérleteinkben használt talaj is rendkívül megkötí a miktrotápelemeket és azok a gyökerek számára alig hozzáférhetőek.

A Zn szorpcióját megvizsgáltuk reverzibilitás szempontjából is. Azt tapasztaltuk, hogy ha tőzegen Zn-et szorbeáltattunk és szűrés után rá újabb, ugyanazon talajból származó lápvizet töltöttünk fel, akkor a visszatartási hányados értéke kicsit kisebbnek, cca. $2 \cdot 10^3$ adódott.



1. ábra.

Co—60, Cu—64, Zn—65 és Mn—54 radioizotópok szorpciós egyensúlya beállításának vizsgálata keszthelyi láptalaj és láptalajvíz fázisok között az idő függvényében

A tenyészedény és termesztési kísérletek módszere

A tenyészedény kísérlethez szükséges talajt homogenizáltuk. Meghatároztuk nedvességtartalmát, majd a tenyészedénybe kerülő mennyiséget a kezelésnek megfelelően szárazanyagra számított dikáliumhidrofoszfáttal láttuk el úgy, hogy a hektáronkénti hatóanyag mennyiség $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 40 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ legyen. Elláttuk továbbá 6–8 kg/ha bórral is.

A mikroelemeket kétféleképpen juttattuk a növényeknek:

1. Talajhoz adva teljes homogenizálással. (Talajkezelés),

2. A magot csáváztuk + a leveleket permetezzük. (Permetezés)
3. Összehasonlítás céljaira mikroelem adagolás nélküli 0 szinttel jelölt ún. kontroll mintákat is beállítottunk.

Az egyes kezeléseknél a különböző elemekből a 3. táblázatban feltüntetett mennyiségeket adtuk.

A mikroelemeket az alábbi kombinációkban alkalmaztuk:

Cu Zn Mn Co B + P + K
 — Zn Mn Co B + P + K
 Cu — Mn Co B + P + K
 Cu Zn — Co B + P + K
 Cu Zn Mn — B + P + K

A jelzőnövény szudáni cirokfű volt. A kísérlet ideje alatt 10 naponként fenológiai megfigyelést, féléreses tenyészidő után és a tenyészidő végén termésanalízist, szárazanyag, valamint mikroelem meghatározást végeztünk.

3. táblázat

A rétláp mikroelem tartalma és az alkalmazott kezelés vegyülete és dózisa

(1) A láptalaj eredeti mikroelem tartalma ppm	(2) Mikroelem kezelésnél		(3) Talajkezeléskor alkalmazott mikroelem		(4) Csávázáskor + permetezéskor alkalmazott oldat koncentráció %-ban
	alkalmazott vegyület	a dózisszint jelölése	koncentráció ppm	kg/ha	
Mn 610	Mangán- szulfát	Mn ₁	100	70	0,05 + 0,05
		Mn ₂	300	210	0,15 + 0,15
		Mn ₃	900	630	0,45 + 0,45
Zn 64,5	Cink- szulfát	Zn ₁	30	21	0,01 + 0,01
		Zn ₂	90	63	0,03 + 0,03
		Zn ₃	270	189	0,09 + 0,09
Cu 6,66	Réz- szulfát	Cu ₁	10	7	0,001 + 0,02
		Cu ₂	30	21	0,003 + 0,06
		Cu ₃	90	63	0,009 + 0,20
Co 2,95	Kobalt- nitrát	Co ₁	1	0,7	0,001 + 0,02
		Co ₂	3	2,1	0,003 + 0,06
		Co ₃	9	6,3	0,009 + 0,20

Az eredmények értékelése

Lápterületeinken a szudáni cirokfűvet elsősorban zöldszakarmányozás céljára termesztik, de a szélesebb körű vizsgálat érdekében a kísérleti anyag betakarítását két vágási időben végeztük. Így a tenyésztési idő közepén, amikor legalkalmasabb zöldszakarmányozás céljára, valamint a tenyészidő végén. A 100 m²-re átszámított zöldhozam eredményét a 4. és 5. táblázat szemlélteti. Ezen eredményekből kitűnik, hogy a mérési eredmények szórása nagy, a kezeléseket között a zöldhozamban szignifikáns terméshezam különbség csak

4. táblázat

Mikroelem hatása a szudáni cirokfű zöldhozamára kg/100 m²

(1) K e z e l é s	(2) Mikroelem a talajhoz adva		(3) Csávázott + permetezett	
	Félérés	Teljesérés	Félérés	Teljesérés
Ø	52,1	122,4	168,0	200,3
Cu ₁ Zn ₁ Mn ₁ Co ₁ B	31,9	246,6	186,8	228,6
— Zn ₁ Mn ₁ Co ₁ B	134,6	121,2	262,7	196,8
Cu ₁ — Mn ₁ Co ₁ B	283,1	136,9	317,2	190,9
Cu ₁ Zn ₁ — Co ₁ B	224,2	140,3	247,2	185,8
Cu ₁ Zn ₁ Mn ₁ — B	272,6	135,4	234,8	213,9
Cu ₂ Zn ₂ Mn ₂ Co ₂ B	248,3	150,7	177,5	115,1
— Zn ₂ Mn ₂ Co ₂ B	218,6	185,7	224,6	150,4
Cu ₂ — Mn ₂ Co ₂ B	299,3	211,0	110,7	232,2
Cu ₂ Zn ₂ — Co ₂ B	251,8	193,9	145,9	157,7
Cu ₂ Zn ₂ Mn ₂ — B	300,6	400,4	232,2	185,8
Cu ₃ Zn ₃ Mn ₃ Co ₃ B	351,7	222,1	176,2	118,4
— Zn ₃ Mn ₃ Co ₃ B	253,4	193,4	182,4	250,6
Cu ₃ — Mn ₃ Co ₃ B	249,6	334,1	324,0	191,1
Cu ₃ Zn ₃ — Co ₃ B	218,3	183,5	255,1	186,0
Cu Zn Mn — B	197,8	189,8	211,5	156,7

P = 51% szinten állapítható meg, s ez megegyezik a már korábban elért kísérleti eredményekkel.

A zöldhozam ugyan sok tekintetben kedvező eredményeket mutathat, mégis a takarmány értékét a szárazanyag termeléssel, a felvett mikroelem mennyiségével, biológiai értékével mérhetjük le.

Sajnos a kísérletek értékelésénél derült ki, hogy a számértékek nagy szórást mutatnak, amint ez agrár- és biológiai kísérleteknél gyakori. Kísérleteink tervezésénél a rendelkezésre álló tenyészhely és tenyészvény számhoz képest nagyon sokféle információt szeretnénk volna egyidejűleg megszerezni. (Háromféle műtrágyázási koncentráció szint, többféle nyomelem kihagyásával, kétféle érési idő és kétféle műtrágyázási mód.) A sokféle variáns azt eredményezte, hogy kevés párhuzamos kísérletre (ismétlés) és kevés kontroll kísérletre volt mód. A következőkben a növényminták tényleges mikroelem felvételét és szárazhozamát kívánjuk értékelni úgy, hogy az erősen szóró adathalmazból megbízható középértékeket kapjunk.

A növényminták szárazanyagának mikroelem tartalma

Megvizsgáltuk egy tenyészvény területére (0,049 m²) vonatkoztatva a termesztett szudánifű szárazanyag tartalmát és a szárazanyag összes mikroelem tartalmát.

A mikroelemek meghatározása a növények elhamvasztása és a hamu kén-savval való feloldása után a korábban már ismertetett módon történt. A mérési eredmények azt mutatták, hogy a mikroelem felvételi adatok is nagyon erősen szóróak. Az adatok szórásához képest 95% megbízhatósági szinten szignifikáns

5. táblázat

 A talajhoz adott mikroelem hatása a szudánifű szárazanyag termelésére
(zöldvágás: 1967. VII. 5.)

(1) Mikroelem dózisint	(2) Termelt szárazanyag (kg/100 m ²)					
	ø	Mn	Cu	Zn	Co	összes tápanyag
	n é l k ü l					
ø	11					
1		51	32	72	67	8
2		59	49	79	70	61
3		52	64	70	50	83

 A) A szudánifű által felvett mikroelemek mennyisége összes szárazanyagban
(mg/100 m²)

(3) Felvett mikroelem	(4) K e z e l é s e k					
	ø	Mn	Cu	Zn	Co	összes tápanyag
	n é l k ü l					
Cu	44	111	90	338	103	147
Mn	306	592	686	1373	974	933
Zn	1865	7278	5806	1680	9616	6070
Co	x	5	8	7	12	15

B) A regresszió varianciaanalízise

Tényező	SQ	FG	MQ
Összes SQ _R	2425,1508	n-1 12	
Regresszió SQ _y	1451,3475	k 3	483,7825*
Eltérés SQ _y -SQ _R	973,8033	n-k-1 9	108,2004

* P = 51

növekedés a mikroelem felvételében a háromféle koncentrációs szint között nem mutatkozott sem a talajkezeléskor, sem a permetezéskor. Emiatt célszerűnek látszott a három koncentrációs szinten nyert eredményeket jobb statisztika és középérték képzése céljából összevonni és együtt feldolgozni (5. táblázat és 2-9. ábra).

A vas- és kobalttartalom ábrázolásánál további összevonást alkalmaztunk: az összes mérési pontokat egy-egy ábrán tüntettük fel. A vas esetében ezt az indokolja, hogy vas műtrágya adagolás egyáltalán nem történt, a kobaltnál viszont egyrészt a mérési adatok igen erősen szórtak, másrészt 95% megbízhatósági szinten szignifikáns összefüggés nem állapítható meg a különböző módon termelt és különböző időben vizsgált minták kobalttartalma között.

A vizsgálatok eredményét a 2-9. ábrák mutatják, a mikroelemekre és vasra vonatkozóan. Az ábrák abszcisszája az egy edényben termelt teljes nö-

vényi szárazanyagot (g-ban), ordinátája az egy tenyészedény területén termett növény által felvett teljes mikroelem mennyiséget (mikroelem kihoztalt) mutatja. Az ábrákon minden egyes jel egy tenyészedényt jelent. Eltérően jelöltük a két vágási időpontot, az illető mikroelemmel nem kezelt, de más mikroelemekkel kezelt tenyészedényeket, továbbá a kontroll edényeket, amelyek semmilyen mikroelemkezelést nem kaptak.

Jelmagyarázat a 2—9. ábrához

- × = Félérésű minták
- ⊗ = Félérésű minták az illető elem hozzáadása nélkül
- = Teljesérésű minták
- ◻ = Teljesérésű minták az illető elem hozzáadása nélkül
- ⊙ = Kontroll minták teljesen mikroelem kezelés nélkül
- N = Normál ellátottság irodalmi középértéke (Tölgyesi alapján) és a középérték 95% megbízhatósági szintű határai (P 5% hiba valószínűség)
- K = Saját mérési adatok középértéke és annak 95% megbízhatósági szintű határai. (P 5% hiba valószínűség)

Ezen ábráknál az ordináta és abszcissza hányadosa mikroelem koncentrációt jelent a szárazanyagban, ppm-ben. Minden ppm értéknek egy bizonyos hajlásszögű, a kezdőponton átmenő egyenes felel meg.

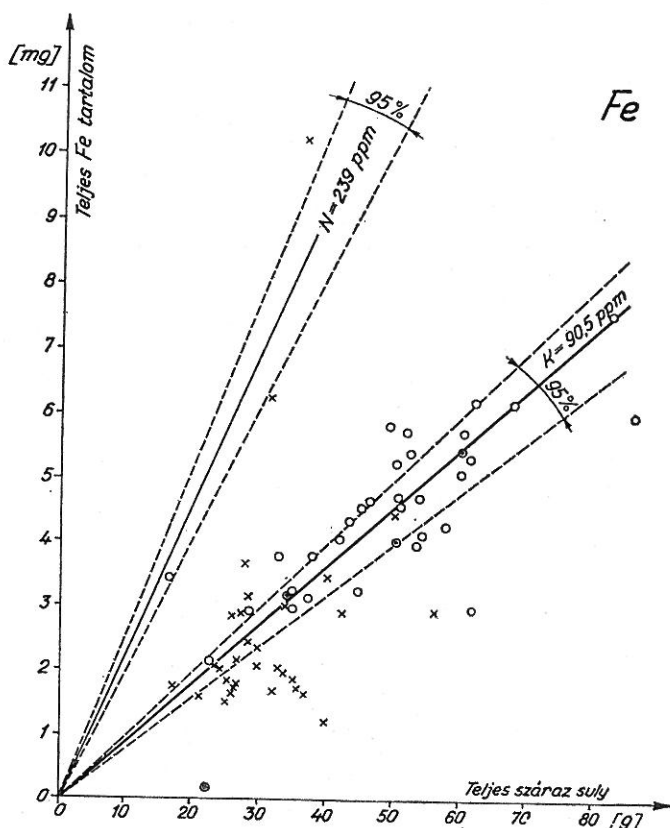
Ebben az ábrázolásban fokozódó szárazanyag terméshozam esetén fokozódó mikroelem felvétel nélkül a mérési pontok az abszcisszával párhuzamosan jobbra tolódnak, viszont ugyanazon szárazanyag tartalom mellett fokozódó nyomelem felvétel mellett felfelé, az ordinátával párhuzamos az eltolódás. Ha a növény fejlődése arányos a rendelkezésre álló mikroelem tartalommal, ill. az adott szárazanyag tartalom és a mikroelem felvétel aránya állandó, akkor a pontok a kezdőponton átmenő és az adott nyomelem arányt (ppm) jelentő ferde egyenes mentén tolódnak el.

Joggal feltételezhető, hogy ha egy növény egy mikroelemben olyan hiányt szenved, hogy a növény fejlődését ezen mikroelem hiánya korlátozza (Liebig-féle minimum törvény), akkor a kísérleti pontok egy egyenes környezetében kell hogy feküdjenek, mert nagyobb mennyiségű mikroelem felvétel nagyobb mennyiségű terméshozamot tesz lehetővé. Másszóval ez azt jelenti, hogy a terméshozam arányos a felvett mikroelem mennyiséggel. Ha a pontok nem is fekszenek egy egyenesen, hanem erősen szóródnak, akkor is kiszámíthatjuk a mikroelem tartalmak középértékét ppm értékben. Ezt szintén az origón átmenő ferde egyenessel és a mérési pontok szórását két oldalon a középérték 95%-os megbízhatósági szintjének (P 5%) határait jelző egy-egy pontozott egyenessel ábrázoljuk. Ha megrajzoljuk ezen ábrákra a növénynek normál mikroelem tartalmát is, akkor szemléletes képet kapunk az éhezés mértékéről. Legcélszerűbb lenne természetesen ugyanezen növény (szudánifű) mikroelemekben kellően ellátott, jó ásványi talajon termelt mintáin meghatározni a normális mikroelem tartalmat. Sajnos ilyen adatokat az irodalomban nem találtunk, ezért a mikroelem tartalmakat TÖLGYESI [36] szálas és lombtakarmányokra vonatkozó analitikai vizsgálataiból vettük át. A cikk 26 növény család, összesen 559 faj adatait tartalmazza. Minden egyes ábrán Tölgyesi vizsgálataiból vett értékek középértékét és a középérték 95%-os megbízhatósági szintű értékhatárait tüntettük fel.

Az ábrákon látható mérési eredményeket az alábbiakban elemenként külön értékeljük ki:

A vas biokémiai szempontból nagyon hasonlít a mikroelemekhez. (Mint hogy a vegyértékét könnyen képes változtatni, ezért redoxkatalizátor-ként jelentős szerepe van a fermentációs folyamatokban, nitrát és szulfát redukcióban stb. Legjelentősebb szerepe a klorofill képzésben van, a leukofil keletkezésében mint fotokatalizátornak. Részt vesz ezenkívül különféle enzimek, mint pl. a légzési enzimek felépítésében is.) Semleges vagy lúgos kémhatás kedvezően befolyásolja az ionok és a vas megkötődését is humuszsavakon, de ezen túlmenően ismert körülmény az is, hogy a lúgos közeg a nagy kalcium és foszfát túlsúly szintén könnyen képes előidézni a vas fiziológiai felvehetetlenségét.

A 2. ábra jól szemlélteti a növények vas-éhezését. Úgy szölván az összes pontok jóval a normális vastartalmat jelentő egyenes alatt helyezkednek el és aránylag mérsékelt szórással egy kisebb hajlásszögű, tehát éhezést jelentő egyenes környékén fekszenek. Ebből a tényből nézetünk szerint joggal lehet arra következtetni, hogy a vas-éhezés korlátozólag hatott a növények további fejlődésére. Úgy látszik, hogy minimálisan a középértéket jelentő egyenesnek megfelelő 90 ppm vas szükséges a növény fejlődéséhez.

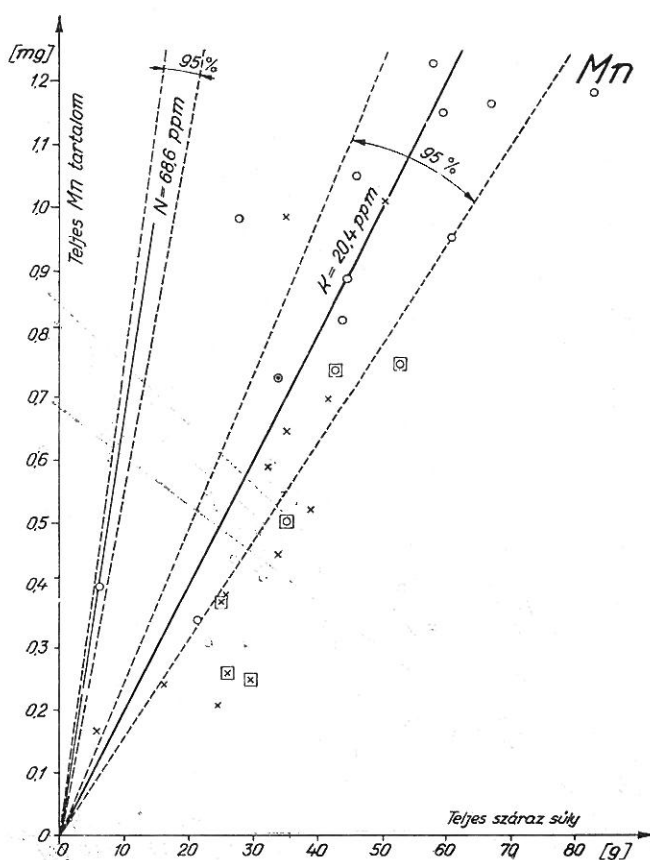


2. ábra.

Szudáni cirokfű vasfelvétele tenyészedenként (0,05 m²) a termett teljes szárazanyag tartalom függvényében (talajkezelt és permetezett minták együtt)

M a n g á n. A 3–4. ábrák jellegzetesen mutatják a nagyfokú mangán-éheztést. A 3. ábra talajhoz adott Mn műtrágyával kezelt (70–630 kg Mn/ha) növénykísérletek adatait, a 4. ábra viszont a permetezéssel Mn-hoz juttatott növénykísérletek adatait tartalmazza. Szinte az összes adatok messze alatta fekszenek a normális ellátottságot jelentő egyenesnek. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy a vashoz hasonlóan a mérési pontok itt is a középértéket jelentő egyenes környezetében helyezkednek el aránylag mérsékelt szórással. Világosan látható tehát, hogy a vason kívül a mangán éhezés volt a növények fejlődését korlátozó másik döntő tényező. (Mint ismeretes, a mangán jelenléte nagymértékben befolyásolja a klorofil képzést és a növény légzését. Irodalmi adatok szerint feltételezhetően katalizálja a nitrát redukciót, azonkívül az argináz és sok más enzim alkotórésze.)

C i n k. Az 5–6. ábrából kitűnik, hogy a növények cinkkel jól el voltak látva, mind a talajkezelt, mind a permetezett, továbbá a kontroll mintáknál, valamint a cinkkel nem kezelt minták esetében is. A cinktartalom szórása nagy volt, láthatóan nem determinálta a növények fejlődését. 95%-os megbíz-



3. ábra.

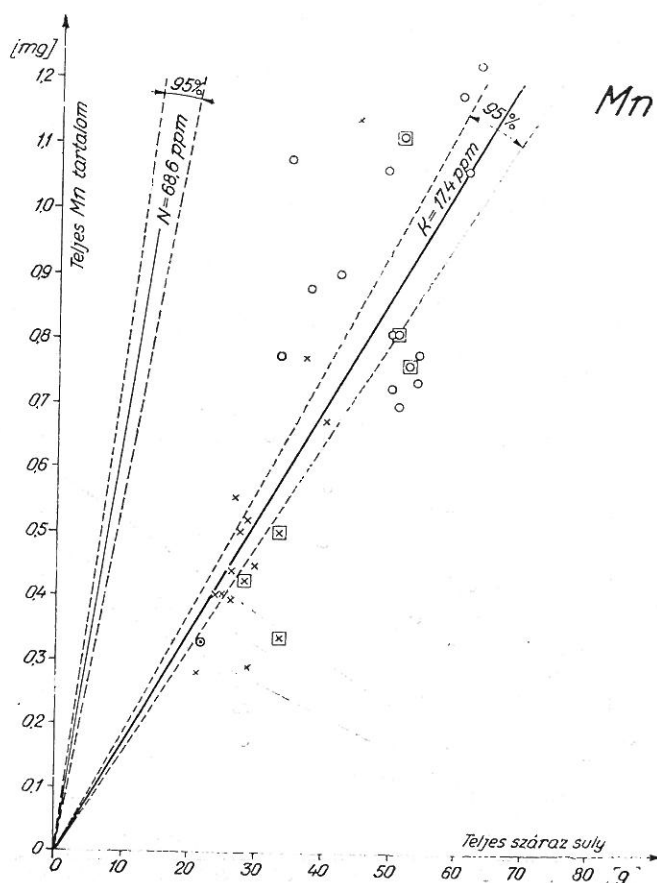
Szudáni citrofkű mangán felvétele mikroelemmel talajkezelt tenyészedenként (0,05 m²) a teljes szárazanyag tartalom függvényében

hatósági szinten határozottan megállapítható, hogy a cink talajba juttatása és permetezése egyaránt erősen fokozta a tenyészidő felében a cinkfelvételt, sőt fölösleget is okozott. A teljes érésig a cinktartalom csökkent, de még mindig magasabb volt a kontrollokénál.

A szárazanyag tartalomban a cink juttatás nem hozott szignifikáns változást 95%-os megbízhatósági szinten. A biológiai érés folyamán megállapíthatóan visszaáramlott a cinktartalom egy része a talajba.

Cink hozzáadása az adott talajon mindenképpen feleslegesnek látszik, mert a szudánifű a kellő cinkmennyiséget cinkkezelés nélkül is fel tudta venni. Úgy tűnik, mintha a túlzott cinkfelvétel depressziós hatást is okozna, de az adatok nagyfokú szórása miatt ezt 95% megbízhatósági szinten nem lehet megállapítani.

Ré z. HARASZTI és TÖLGYESI [16] szerint, ha a takarmányok Cu tartalma 5 ppm alatt van, a takarmány Cu kiegészítésre szorul. VOISIN [40] az alsó határt 8 ppm-ben határozza meg. Az ásványi talajon termett növények Cu



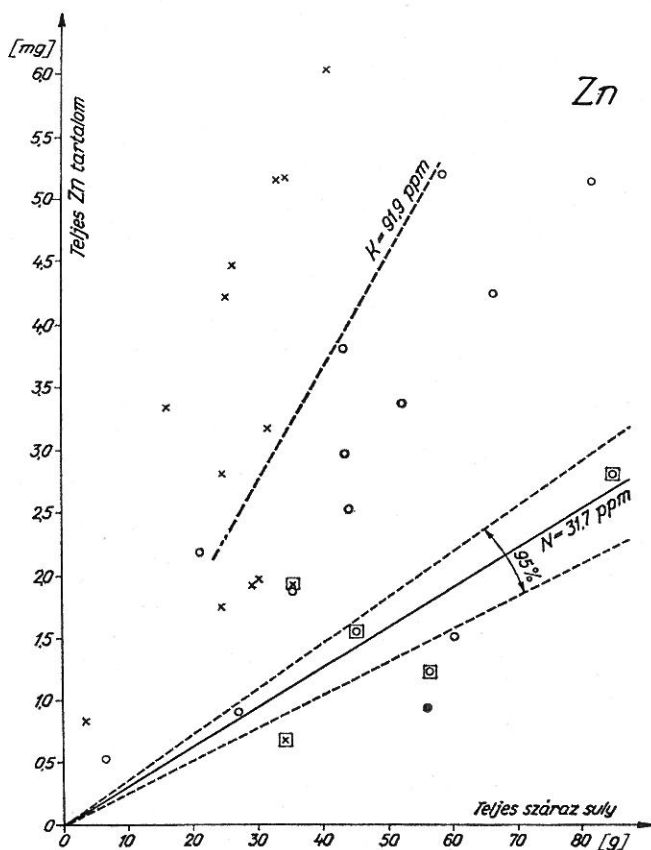
4. ábra.

Szudáni cirokfű mangán felvétele mikroelemmel permetezett tenyészedenként (0,05 m²) a teljes szárazanyag tartalom függvényében

tartalma 8–12 ppm között változik. Kísérleti növényünk Cu tartalma átlagosan 2 ppm, tehát Cu-ban szegény takarmánynak minősül. Különösen kiemelkedik alacsony értékével a csávázott + permetezett kezelés.

A takarmány Cu szegénysége szükségképpen maga után vonja az állat anyagcseréjében mutatkozó változásokat, amelynek legjellemzőbb tünete a termékenység nagymértvű csökkenése. Ahhoz, hogy lápon termelt takarmányunk Cu tartalmát kellő szintre emeljük, egyéb eljárásokról, ill. megoldásról kell gondoskodni.

A rézre vonatkozó ábráinkból (7–8. ábra) megállapítható, hogy szinte az összes minták nagyfokú rézhiányt mutatnak. A megvizsgált mikroelemek közül a hiány réz esetén volt a legnagyobb fokú. Az ábrákon látható azonban, hogy az adatok erősen szórnak. A számított középérték nagy szórással terhelt és így matematikailag nem eléggé megalapozott. Ennek ellenére megállapítható, hogy a középértékek a normálhoz (100%) képest nagyfokú rézhiányt mutatnak. Ezzel szembe kell állítanunk azt a tényt, hogy a talajhoz tulajdonképpen igen nagymennyiségű réziont (7–63 kg Cu/ha) adagoltunk, de az a növények számára hozzáférhetetlennek bizonyult.

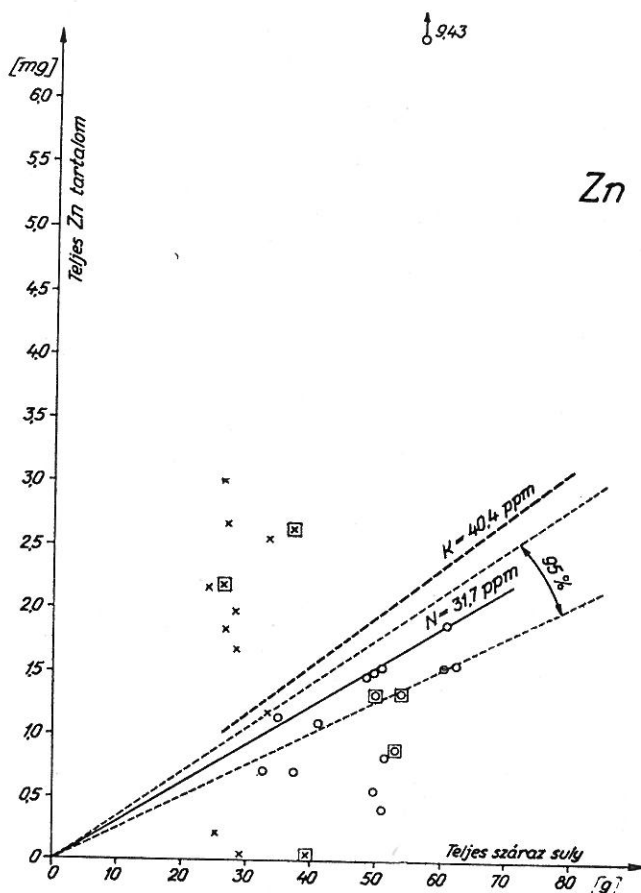


5. ábra.

Szudáni cirokfű cink felvétele mikroelemmel talajkezelt tenyészedenként (0,05 m²) a teljes szárazanyag tartalom függvényében

A pontok nagyfokú szórása azonban arra mutat, hogy a Cu hiány mégsem volt determináló tényező a növények fejlődésében, mert ezt a Fe és Mn hiánya már eleve korlátozta. A réztartalom és a szárazanyag termés között összefüggés nem állapítható meg.

K o b a l t. A növényminták kobalt tartalma, mint az a 9. ábrán látható, rendkívül erősen szórt. A kobalttartalom és a terméshozam között semmilyen összefüggés nem állapítható meg. Nem állapítható meg a talajkezelésnek, sem a permetezésnek semmiféle jellegzetes befolyása, sem a terméshozamra sem a növény kobalttartalmára. A pontok nagyfokú szórása matematikailag nem indokolja ez esetben sem a középérték számítását. Mint tudjuk nincs bizonyítva az, hogy a kobalt a magasabbrendű növények szempontjából élettani fontosságú mikrotápelemet jelentene, bár egyes alacsonyabbrendű növények, egyes baktériumok számára fontossága kétségtelen. Annál nagyobb jelentőséggel bír viszont jelenléte a takarmánynövényekben az állatok számára, amelyeknél a kobalthiány közismerten súlyos elégtelenségi szimptomákra vezet, az irodalom-



6. ábra.

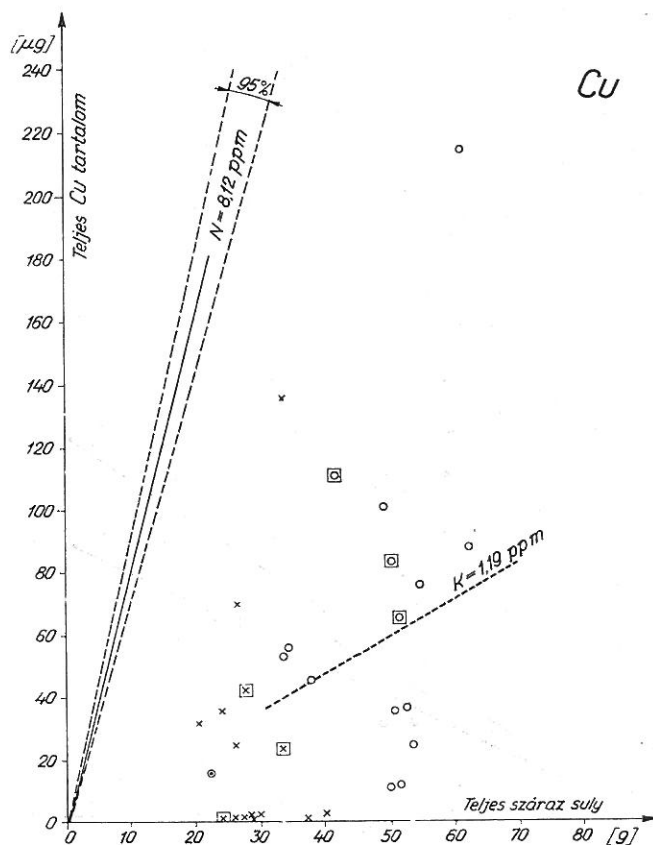
Szudáni cirokfű cink felvétele mikroelemmel permetezett tenyészedenként (0,05 m²) a teljes szárazanyag tartalom függvényében

6. tá b

Szudáni cirokfű mintáink mikroelem

Szórás: az egyes minták $P_{5\%}$ a középérték

(1) Elem	(2) Talajkezelt minták					
	(4) felérésben			(5) tenyésztő végén		
	középérték	szórás	$P_{5\%}$	középérték	szórás	$P_{5\%}$
Fe	80,6	$\pm 43,6$	$\pm 24,8$	87,1	$\pm 17,1$	$\pm 9,76$
Mn	18,2	$\pm 13,0$	$\pm 7,42$	22,4	$\pm 12,1$	$\pm 6,63$
Zn	127	$\pm 65,6$	$\pm 37,3$	59,0	$\pm 25,5$	$\pm 14,0$
Cu	3,39	$\pm 3,94$	$\pm 2,17$	2,52	$\pm 2,01$	$\pm 1,11$
Co	0,151	$\pm 0,086$	$\pm 0,049$	0,119	$\pm 0,102$	$\pm 0,058$



7. ábra.

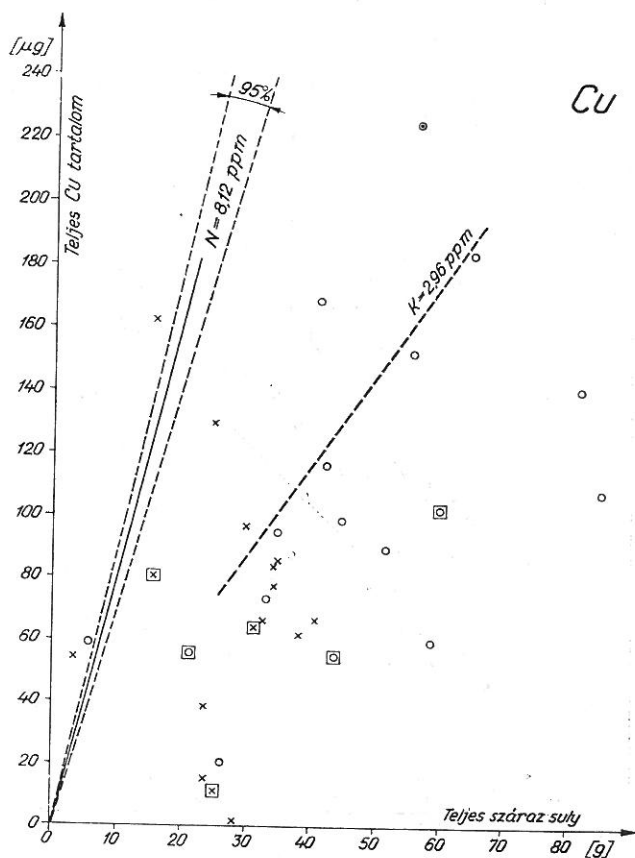
Szudáni cirokfű réz felvétele mikroelemmel talajkezelt tenyészedényenként ($0,05 \text{ m}^2$) a teljes szárazanyag tartalom függvényében

lázat

tartalmának középértéke ppm-ben

95% valószínűségi szintű értékhatarai

(3) Permetezett minták					
(4) felérésben			(5) tenyésztő végén		
középérték	szórás	P5%	középérték	szórás	P5%
98,2	$\pm 53,6$	$\pm 29,5$	95,3	$\pm 12,5$	$\pm 6,86$
15,9	$\pm 3,18$	$\pm 1,75$	18,8	$\pm 5,01$	$\pm 2,76$
60,4	$\pm 37,4$	$\pm 22,1$	23,2	$\pm 7,64$	$\pm 4,20$
0,964	$\pm 1,22$	$\pm 0,669$	1,42	$\pm 0,909$	$\pm 0,50$
0,19	$\pm 0,107$	$\pm 0,059$	0,146	$\pm 0,061$	$\pm 0,033$



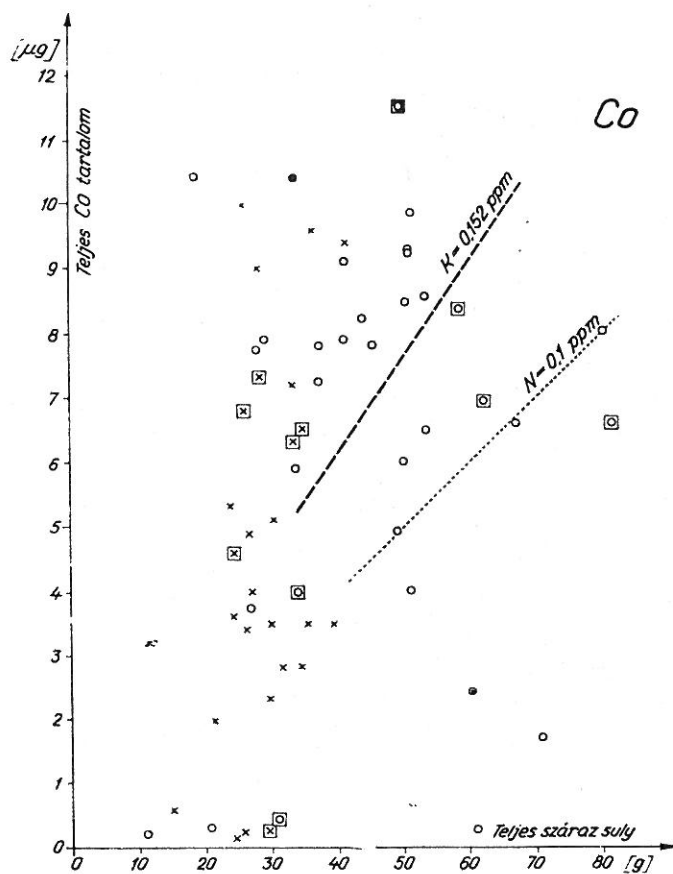
8. ábra.

Szudáni cirokfű réz felvétele mikroelemmel permetezett tenyészedenként (0,05 m²) a teljes szárazanyag tartalom függvényében

ban megadott 0,1 ppm érték alatt. Az állati takarmány kobalt szükséglete szempontjából a növényminták nagyobbik része kellően ellátottnak mondható.

A 6. táblázatban feltüntetjük a láptalajon termesztett szudánifű mintáink vas és mikroelem tartalmának összesített analitikai eredményeit külön csoportosítva a talajkezelt, permetezett, félérésű és teljes érésű minták adatait. Az első oszlopban mindenütt a kérdéses elem koncentrációjának középértékét tüntettük fel ppm-ben. A második oszlop szemlélteti az egyes minták szórását, a harmadik a középérték 95%-os megbízhatósági szintű határértékeit ugyan-csak ppm-ben ($P = 5\%$).

A kísérleti növénymintáink viszonylagos mikroelem ellátottságára vonatkozólag a 7. táblázat nyújt összehasonlítást. Tekintettel arra, hogy a szudáni cirokfű normális nyomelem ellátottságára vonatkozólag nem állt rendelkezésünkre kellő információs anyag, ezért vonatkoztatási alapként TÖLGYESINEK 1965-ben a nem láptalajokon termelt szálas- és lombtakarmányokra vonatkozó [38] adatainak középértékeit használtuk fel. Az első oszlop a normális ellátott-



9. ábra.

Szudáni cirokfű kobalt felvétele tenyészedényenként (0,05 m²) a teljes szárazanyag tartalom függvényében (talajkezelt és permetezett minták együtt)

ságnak minősített középértékeket tünteti fel, a második az egyes növényfajok szórását, a harmadik a középértékek 95% megbízhatósági szintű értékhatárait adja meg ugyancsak ppm-ben. A 4–7. oszlopok a tenyészedény kísérleteink során talált nyomelem ellátottságot mutatják az előzőekhez viszonyított százalékban. Minthogy TÖLGYESI az idézett munkájában Co-ra vonatkozólag nem közöl adatokat, ezért Co-ra vonatkozóan az irodalomban szórványosan található 0,1 ppm-t, mint az állatok takarmányozása szempontjából szükséges minimális szintet tekintettük vonatkoztatási alapnak.

Mint e két táblázat adataiból látható, a szudánifű egyedül Zn-ből tudta a szükséges, sőt azt meghaladó mennyiséget felvenni. Vas, mangán, és réz tekintetében nagyfokú éhezés állapítható meg. A Co-ra vonatkozó adatok erősen szórnak, így határozott megállapítást nem engednek meg, de középértékük cca. az állatok szempontjából szükséges minimális szint körül van.

Bár jelentékeny mennyiségű kobaltot, 0,7–6,3 kg/ha juttattunk a talajba, a növények kobalt felvételében szignifikáns emelkedés nem mutatkozott, mert a tőzeges talajba juttatott kobaltion fevehetetlennek bizonyult a növények számára a nyilvánvalóan erős megkötődés folytán.

7. táblázat

Összehasonlítás láptalajon termesztett szudánifű mintáink mikroelem ellátottsága és különféle talajokon termelt szálas és lombtakarmányok Tölgyesi G [38] által vizsgált mikroelem tartalmának átlaga között

Elem	(2) Különféle talajokon termelt szálas és lombtakarmányok átlagos mikroelem tartalma (ppm)			(3) Láptalajon termesztett mikrotrágyázott szudánifű relatív ellátottsága %-ban \pm szórás			
	középérték	szórás	P5%	(4) Talajkezelt		(5) Permetezett	
				Félerésben	Tenyészidő végén	Félerésben	Tenyészidő végén
Fe	239	$\pm 75,1$	$\pm 31,4$	$33,7 \pm 18,2$	$36,4 \pm 7,2$	$41,0 \pm 21,9$	$39,9 \pm 5,2$
Mn	68,6	$\pm 27,8$	$\pm 12,6$	$25,5 \pm 22,6$	$32,6 \pm 17,6$	$23,2 \pm 4,7$	$27,4 \pm 7,3$
Zn	31,7	$\pm 12,0$	$\pm 5,01$	403 ± 208	186 ± 81	191 ± 117	$73,2 \pm 24,3$
Cu	8,12	$\pm 2,11$	$\pm 0,88$	$41,9 \pm 49,8$	$31,5 \pm 24,6$	$11,8 \pm 14,4$	$17,5 \pm 11,2$
Co*	nincs adat			$151* \pm 86$	119 ± 102	190 ± 107	146 ± 61

* az irodalom szerint állati takarmányban szükséges minimum (0,1 ppm) %-ában.

E vizsgálatok tenyészedény kísérletei a keszthelyi Agrártudományi Főiskolán, a radioizotópos mikroelem szorpciós kísérletek az MTA ÁTOMKI-ban Debrecenben, az analitikai vizsgálatok pedig a két intézmény között felosztva közösen készültek.

Összefoglalás

Láptalajon termesztett és mikroelemekkel trágyázott szudánifű tenyészedény kísérleteink lényegileg a következő eredményeket adták:

1. Annak ellenére, hogy talajkezeléssel nagymennyiségű mikroelemet adagoltunk és hogy a vas és mangán már eleve is bőven jelen volt a talajban,

mégis a növényminták vasban, mangánban és rézben nagyfokú éhezést mutatnak, jó összhangban a laboratóriumi mikroelem-szorpciós kísérleteinkkel.

2. A rendkívül alacsony vas-, mangán- és réztartalom, valamint az éppen elégséges kobalttartalom miatt a láptalajon termett szudánifű mint takarmánynövény nagyon gyenge biológiai értékűnek minősíthető, mert az ezt fogyasztó állatoknál bizonyosra vehető a hiánybetegségek (anaemia stb.) fellépése, ha a mikroelem szükségletüket más forrásból nem fedezhetik.

3. Úgy látszik, hogy a növények terméshozamát a vasban és a mangánban való éhezés korlátozta. Ezen elemekkel kapcsolatban jelentkezett a Liebig-féle minimum törvény.

4. Meglepő volt, hogy cinkben nem lépett fel éhezés, amely a laboratóriumi radioizotópos kísérleteinkkel ellentétben áll. A cinkfelvételt ezidő szerint nem tudjuk megfelelően magyarázni. Nem tudjuk, hogy ez a tény esetleg a szudánifű különleges Zn felvevőképességének, vagy egyelőre ismeretlen oknak tulajdonítható-e? A jelenség további vizsgálatot igényel.

5. Fenti vizsgálataink a tudományos ismeretszerzés szempontjából a humuszsavon történt ioncserés szorpciós vizsgálatainkkal teljes összhangban álló eredményt mutatnak a cink kivételével. Jellegzetesen mutatják, hogy az ionos oldat alakjában a talajba juttatott mikroelem műtrágya a tőzeghumuszsavakon megkötődik és a növények számára úgyszólván hozzáférhetetlen.

6. Meglepő volt, hogy a permetezéssel nem sikerült a szudánifű levelein át mikroelem ellátást biztosítani. Az irodalomban számos adat található arra, hogy a növényeket permetezéssel egyes mikroelemekkel el lehet látni. A permetlé nedvesítőszert, vagy tapadó hordozó anyagot nem tartalmazott.

További kísérletezésre, több növényfaj megvizsgálására és más műtrágyázási módszerek kidolgozására és kipróbálására van szükség.

Irodalom

- [1] BABKO, A. K., & PILIPENKO, A. T.: Kolorimetriás analízis. Műszaki Kiadó. Budapest 1953.
- [2] BABOS, Z. & MAYER, L.: Az ármentesítések, belvízrendezések és lecsapolások fejlődése Magyarországon. I.—II. Vízügyi Közl. **21.** 32—91; 227—287. 1939.
- [3] BELÁK, S.: A balatoni tőzeglápok hasznosítása. Mezőgazd. Kísér. Int. Növényterm. Osztályának jelentése. Keszthely. 1952.
- [4] BELÁK, S.: Balaton környéki láptalajok tulajdonsága, vízrendezése és mezőgazdasági hasznosítása. Kandidátusi értekezés. Keszthely. 1955.
- [5] BELÁK, S.: Balaton környéki lápok vízrendezése és mezőgazdasági hasznosítása. DNY-Dunántúli Mezőgazd. Kísér. Int. évi jelentése. Keszthely. 1958.
- [6] BLEUER, M.: A turfa mezőgazdasági és ipari haszonvétele. Révai. Budapest. 1890.
- [7] CSERHÁTI, S.: Rétrágyázási kísérletek. Kísér. Közl. **1.** 49—69. 1898.
- [8] CZIRBUSZ, G.: Az ecesdi láp lecsapolása. Földtani Közlöny. **29.** 98—199. 1899.
- [9] DORNER, B.: Balaton menti tőzegtelepek hasznosítása. Mezőgazd. Szemle **34.** (1—2) 54. 1916.
- [10] FÁBER, S.: Összehasonlító kísérletek tőzeges réten különböző műtrágyákkal. Köztelek. **37.** 715. 943. 1927.
- [11] GLASER, G.: A lápgazdálkodás. Köztelek **39.** 1580. 1990. 1929.
- [12] GYÁRFÁS, G.: Műtrágyázási kísérletek tőzeges réten. Köztelek. **53.** 1554. 1943.
- [13] GYÖRI, D.: Néhány talajtípus mikroelemkészlete. Agrokémia és Talajtan. **7.** 97. 1958.
- [14] GYÖRI, D.: A Mn, Cu, Zn Co és Mo tartalom meghatározása talajokban és növényekben. Agrokémia és Talajtan. **10.** 425—434. 1961.
- [15] GYÖRI, D.: The trace element conditions of some moor areas in Hungary. Acta Agron. Hung. **19.** 87—94. 1967.
- [16] HARASZTI, E. & TÖLGYESI, Gy.: A savanyú füvek ásványi anyag tartalma. Állatorvosok Lapja **5.** 177—180. 1961.

- [17] KEMENESY, E.: Lápok mezőgazdasági hasznosítása. Mezőgazd. Kísérlet. Int. évi jelentése. Keszthely. 1954.
- [18] KEMENESY, E.: Richlinien zu einigen Organisationsproblemen der Moorbewirtschaftung. Kézirat. 1959.
- [19] KEMENESY, B.: Lápfelesapolás és lápkultúra. Mezőgazd. Közl. 15. 24. 1929.
- [20] KOCH, O. G., KOCH, G. A., & DEDIC.: Handbuch der Spurenanalyse. Springer. Berlin. 1964.
- [21] KOTZMANN, L.: A különböző humuszmeghatározó módszerek összehasonlító vizsgálata. Mezőg. Kut. 1. 21. 1928.
- [22] LÁSZLÓ, G.: A Balaton melléki tőzeplápok és berkek. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. I. kötet. 1. rész. 1913. Budapest.
- [23] PEJVE, A. V.: Biohimija pocsv. Szel'hozgiz. Moszkva. 1961.
- [24] SZABÓ, I.: Kationok adszorpciója humuszpreparátumon. MTA Mat. Fiz. Tud. Oszt. Közl. 8. 393—402. 1958.
- [25] SZALAY, S.: Hazai kőszenek radiológiai vizsgálata. MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. 5. 167—185. 1952.
- [26] SZALAY, S.: Vizsgálatok nagy atomsúlyú kationok adszorpciójára humusz kolloidokon. MTA Mat. Fiz. Tud. Oszt. Közl. 4. 3. 1954.
- [27] SZALAY, A. & SZILÁGYI, M.: Investigations Concerning the Retention of Fission Products on Humic Acids. Acta Phys. Hung. 13. 421—436. 1961.
- [28] SZALAY, A. & SZILÁGYI, M.: Laboratory Determination of the Retention of Micro-nutrients by Peat Humic Acids. Plant and Soil. 29. 219—224. 1968.
- [29] SZALAY, S. & SZILÁGYI, M.: Nyomtápelemek szorpciója tőzeghumuszsavakon és jelentősége a gyakorlati mezőgazdaságban. MTA Agrártud. Közl. 27. 109—114. 1968.
- [30] TÓTH, A.: Termesztési kísérletek eredménye a Balaton körüli lápterületen. DNy-Dunántúli Mezőgazd. Kísérlet. Int. évi jelentése. Keszthely 1956.
- [31] TÓTH, A.: Balaton körüli lápterületek tápanyaggazdálkodása. Kísérletek évi jelentése. Agrártud. Főisk. Keszthely. 1960.
- [32] TÓTH, A.: Trágyázási kérdések tanulmányozása hazai síklápjainkon. Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémia kiadv. 1961.
- [33] TÓTH, A.: Wirkung der Mikroelemente auf die Niederungsmoore am Plattensee. Meződunardnoy torfkongressz. Leningrád. 1962.
- [34] TÓTH, A. & SZABÓ, F.: Mikroelemkísérletek eredményei a kisbalatoni síklápon. Kísérlet. Közl. 52/A. (3) 47—53. 1959.
- [35] TÖLGYESI, Gy.: Adatok a réteken előforduló négy gyakoribb növényesalád mikroelemtartalmáról. Magyar Állatorvosok Lapja. 18. 207—209. 1963.
- [36] TÖLGYESI, Gy.: A keszthelyi lápon termelt szálaskarmányok réz- és molibdén tartalmának takarmányozási vonatkozásai. Magyar Állatorvosok Lapja. 20. 502—506. 1965.
- [37] TÖLGYESI, Gy.: Applicability of Newest Knowledge on the Microelement Content of Plants in Different Fields of Agricultural Sciences. Acta Agron. Hung. 13. 287—301. 1965.
- [38] TÖLGYESI, Gy. & HARASZTI, E.: Tapasztalatok legelő mikroelemtrágyázása során. Növénytermelés. 16. 7—14. 1967.
- [39] TÖLGYESI, Gy. & MÓCSI, J.: A hazai szálaskarmányok mikroelemtartalma. Magyar Állatorvosok Lapja. 15. 44—47. 1960.
- [40] VOISIN, A.: Einfluss des Bodens auf die Fruchtbarkeit des Tieres. Kézirat. 1964.

Érkezett: 1969. március 6.

Investigation on the Problems of Micronutrient Uptake by Plants in Peat Soils of Keszthely

S. BELÁK, D. GYÖRI, Z. SÁMSONI, S. SZALAY, M. SZILÁGYI and A. TÓTH

Department of Plant Cultivation, College of Agricultural Sciences, Keszthely and Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Debrecen

Summary

Preceding investigations demonstrated a strong retention of micronutrients by insoluble peat humic acids. (Szalay, A. Szilágyi, M. 1967) In the present paper pot

experiments are reported in uncultivated peat soil with the plant *Sorgum halepense* var. *sudanense*. Chemical analysis of the plants demonstrated a starvation of plants in Fe, Mn and Cu in spite of the sufficient presence of these elements in the soil. Ample addition of Mn and Cu to the peat soil did not eliminate deficiency. The strong retention by cation exchange fixing on humic acids prohibited the uptake of these micro-nutrients from the soil.

The quantity of crop per surface unit seemed to be determined and limited by deficiency in Fe and Mn. The uptake of Zn was surprisingly ample although ion exchange retention could be expected for this element as well.

Table 1. Analytical data of the soil used for the investigations (Keszthely, boggy area of Ujmajor).

Table 2. Microelement content of the peat soil and of the ground water. (1) Element. (2) Clarke's number. (3) Microelement content of the peat soil. (4) Microelement content of the ground water. (5) Subsoil phase: water phase, in equilibrium. (6) Distribution quotient, soil/ground water. (7) Quotient of retention measured with radio-isotope.

Table 3. Microelement content of the peat soil and the compound and its dose used for the treatment. (1) Initial microelement content of the peat soil, ppm. (2) Microelement treatment: compound applied and mark of dose-level. (3) Concentration (in ppm) and amount (kg/ha) of microelements used for the treatments. (4) Concentration of the solution applied at dressing and spraying, in per cent.

Table 4. The effect of microelements on the yield (fresh weight) of *Sorgum halepense* var. *sudanense*, kg/100 m². (1) Treatment. (2) Microelement added to the soil. (3) Dressed and sprayed. Measured at partial ripening and at full ripening.

Table 5. The effect of microelement added to the soil on the dry-matter yield of *Sorgum halepense* var. *sudanense* (green-cutting: 5 July 1967). (1) Doselevel of microelement. (2) Dry-matter yield (kg/100 m²) without the various microelements and in the absence of all nutrients. A) The amount of microelements taken up by Sudan grass in the total dry-matter yield (mg/100 m²). (4) Treatments — without the various microelements and in the absence of all nutrients. B) Variance analysis of regression.

Table 6. The average microelement content of samples of *Sorgum halepense* var. *sudanense* (ppm). (1) Elements. (2) Samples of plants grown on treated soil. (3) Sprayed samples. (4) At partial ripening. (5) At the end of the growing season.

Table 7. The degree of the microelement supply of Sudan grass samples grown on peat soil fertilized with microelements as compared to data in literature (38) relating to the degree of supply of rough and leaf fodder crops grown on other soil types. (1) Element (2) Microelement content of rough and leaf fodder crops grown on soils other than peat, in ppm. (3) Degree of supply of Sudan grass, fertilized with microelements, grown on peat soil, in per cent. (4) Plant grown on treated soil at partial ripening and at the end of the growing season. (5) Sprayed.

Figure 1. Examination of the Co—60, Cu—64, Zn—65 and Mn—54 radio-isotopes' reaching sorption equilibrium between the peat soil (Keszthely) and ground water phases as a function of time.

Figure 2. Fe uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense*, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield (samples taken from sprayed plants and from those grown on treated soils, together).

Figure 3. Mn uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense* from soil treated with microelement, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield.

Figure 4. Mn uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense* sprayed with microelement, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield.

Figure 5. Zn uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense* from soil treated with microelement, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield.

Figure 6. Zn uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense* sprayed with microelement, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield.

Figure 7. Cu uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense* from soil treated with microelement, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield.

Figure 8. Cu uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense* sprayed with microelement, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield.

Figure 9. Co uptake by *Sorgum halepense* var. *sudanense*, per pot (0,05 m²), taken as a function of the total dry-matter yield (samples taken from sprayed plants and from those grown on treated soils, together).

Key to the signs used in Figures 2—9.

- × = Partially ripened samples
- ⊗ = Partially ripened samples, not treated with the respective element
- = Fully ripened samples
- ⊙ = Fully ripened samples, not treated with the respective element
- = Control samples, not treated at all with microelements
- N = Mean of the normal degree of supply given in the literature (after (TÖLGYESI) and the limit values of the mean on a reliability level of 95 per cent. (Probable error P 5%)
- K = Mean of our data and its limit values on a reliability level of 95 per cent. (Probable error P 5%)

Untersuchungen über die Aufnahme von Mikroelementen auf dem Moorboden von Keszthely

S. BELÁK, D. GYÖRI, Z. SÁMSONI, S. SZALAY, M. SZILÁGYI und A. TÓTH

Hochschule für Agrarwissenschaften, Keszthely und Institut für Atomkernforschung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Debrecen (Ungarn)

Zusammenfassung

In vorhergehenden Untersuchungen wurde die starke Sorption und Zurückhaltung der Mikronährelemente an unlöslichen Torfhuminsäuren nachgewiesen (A. Szalay, M. Szilágyi, 1967.) Verfasser berichten jetzt über Vegetationsversuche mit *Sorghum halepense* var. *sudanense* auf Torfboden. Nach den chemischen Analysendaten zeigte sich bei den Pflanzen ein Mangel an Fe, Mn und Cu, trotz der ausreichenden Anwesenheit dieser Elemente im Boden. Reichliche Mn und Cu-Gaben konnten diese Erscheinungen auch nicht beseitigen. Die Aufnahme dieser Mikronährelemente wurde durch die Bindung an Huminsäuren des Bodens verhindert.

Der Ernteertrag pro Bodenflächeneinheit schien durch das Mangeln an Fe und Mn begrenzt zu sein. Die Aufnahme von Zn war jedoch reichlich, obwohl eine starke Sorption dieses Elementes an Huminsäuren zu erwarten war.

Tab. 1. Analysendaten des im Versuche angewendeten Bodens (Moorboden bei Ujmajor, Keszthely).

Tab. 2. Mikroelementengehalt des Moorbodens und des Grundwassers. (1) Element; (2) Clarke-Zahl; (3) Mikroelementengehalt des Moorbodens; (4) Mikroelementengehalt des Grundwassers; (5) Unterboden/Grundwasser im Gleichgewicht; (6) Verteilungskoeffizient Boden/Wasser; (7) Zurückhaltungskoeffizient mit Radioisotopen gemessen.

Tab. 3. Mikroelementengehalt des Moorbodens und angewendete chemische Verbindung und Dosis. (1) Ursprünglicher Mikroelementengehalt des Moorbodens in ppm. (2) Mikroelementen-Behandlung: angewendete Verbindung und Dosisniveau; (3) Bei der Behandlung des Bodens angewendete Mikroelementen-Konzentration in ppm und kg/ha; (4) Konzentration der bei der Beizung und Bespritzung angewendeten Lösung in %.

Tab. 4. Wirkung der Mikroelemente auf den Grünertrag von *Sorghum halepense* var. *sudanense*, kg/100 m². (2) Behandlung. (2) Mikroelement zum Boden gegeben; (3) Gebeizt und bespritzt, in Halbreife und Vollreife gemessen.

Tab. 5. Wirkung der zum Boden gegebenen Mikroelemente auf den Trockensubstanzertrag von *Sorghum halepense* var. *sudanense* (Grünschnitt: 5. VII. 1967.). (1) Dosisniveau der Mikroelemente; (2) Trockensubstanzertrag (kg/100 m²), ohne die Mikroelemente und Nährstoffe. A) Die Menge der durch *Sorghum halepense* var. *sudanense* aufgenommenen Mikroelemente in der gesamten Trockensubstanz (mg/100 m²). (4) Behandlungen (ohne die einzelnen Mikroelemente und ohne alle Nährstoffe). B) Varianzanalyse der Regression.

Tab. 6. Durchschnittlicher Mikroelementengehalt der Proben von *Sorghum halepense* var. *sudanense* (ppm). (1) Elemente. (2) Pflanzenproben von behandelten Böden. (3) Bespritzte Proben. (4) in Halbreife, (5) am Ende der Vegetationsperiode.

Tab. 7. Mikroelementenversorgung auf Moorboden gewachsener, gedüngter Sudant grasproben verglichen mit Literaturangaben [38] über die Versorgung der auf nicht-

Мoorboden gewachsenen Rau- und Laubfutter. (1) Element. (2) Mikroelementengehalt der auf nicht Moorboden gewachsenen Rau- und Laubfutter (in ppm). (3) Versorgung des auf Moorboden gewachsenen, mikrogedüngten Sudangrases in %. (4) Pflanzenproben von behandelten Böden, in Halbreife und am Ende der Vegetationsperiode. (5) Bespritzte Pflanzenproben.

Abb. 1. Einstellung des Sorptionsgleichgewichtes von den Isotopen Co—60, Cu—64, Zn—65 und Mn—54 zwischen den zwei Phasen: Moorboden und Grundwasser, als Funktion der Zeit.

Abb. 2. Eisenaufnahme des Sudangrases je Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages (Pflanzenproben von behandelten Böden und bespritzte Proben insgesamt).

Abb. 3. Manganaufnahme des Sudangrases je gedüngtes Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages.

Abb. 4. Manganaufnahme des Sudangrases je bespritztes Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages.

Abb. 5. Zinkaufnahme des Sudangrases je gedüngtes Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages.

Abb. 6. Zinkaufnahme des Sudangrases je bespritztes Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages.

Abb. 7. Kupferaufnahme des Sudangrases je gedüngtes Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages.

Abb. 8. Kupferaufnahme des Sudangrases je bespritztes Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages.

Abb. 9. Kobaltaufnahme des Sudangrases je Gefäß (0,05 m²) als Funktion des gesamten Trockensubstanzertrages (Pflanzenproben von behandelten Böden und bespritzte Proben insgesamt).

Zeichenerklärung zu den Abbildungen 2.—9.:

- × = Proben in Halbreife
- ⊗ = Proben in Halbreife ohne das betreffende Mikroelement
- = Proben in Vollreife
- ◌ = Proben in Vollreife ohne das betreffende Mikroelement
- = Kontrollproben ohne Mikroelementenbehandlung
- N = Durchschnittswerte der normalen Versorgung nach Literaturangaben (nach Tölgyesi) und Grenzwerte der Zuverlässigkeit des Mittelwertes bei P = 5%
- K = Mittelwerte der eigenen Messangaben und deren Grenzwerte der Zuverlässigkeit bei P = 5%.

Изучение усвоения микроэлементов растениями на болотистой почве в районе Кестхей I.

Ш. БЕЛАК, Д. ДЁРИ, З. ШАМШНИ, Ш. САЛАИ, М. СИЛАДИ, А. ТСТ

Высшая Аграрная Школа в Кестхей и Атомный Научно-Исследовательский Институт АН Венгрии, Дебрецен

Резюме

Предыдущие исследования показали, что нерастворимые гумусовые кислоты торфа сильно связывают микроэлементы. (А. Салаи, М. Силади 1967). В этой статье дается сообщение об экспериментах по выращиванию суданской травы (*sorgum halepense* var. *sudanense*) в теплице на старой болотистой почве. Химический анализ растений показывает недостаток микроэлементов Fe, Mn и Cu несмотря на то, что в почве они присутствовали в достаточном количестве. Искусственное добавление марганца и меди в избыточном количестве не меняет положения. Катионно-обменные свойства гумусовых кислот, связывающих эти элементы, препятствовали усвоению указанных микроэлементов растениями.

Урожай на единице площади, повидимому, определяется количеством усвоенного железа и марганца. В растениях имеется достаточное количество цинка, хотя и в этом случае ожидалось ионно-обменная адсорбция гумусовыми кислотами.

Табл. 1. Данные анализа почв, использованных в целях исследования. (Кестхей, заболоченная территория Уймайор).

Табл. 2. Содержание микроэлементов в изучаемой болотистой почве и грунтовой воде. (1) Элемент. (2) Число Кларка. (3) Содержание микроэлементов в болотистой почве. (4) Содержание микроэлементов в подпочвенных водах. (5) Равновесное состояние почва/вода. (6) Частное распределения почва/вода. (6) Частное поглощения, измеренное с помощью радионуклидов.

Табл. 3. Содержание микроэлементов в болотистой почве, соединения, применяемые в вариантах и их дозы. (1) Содержание в болотистых почвах природных микроэлементов в мг/кг. (2) Обработка микроэлементами: применяемое соединение и обозначение уровня дозирования. (3) Концентрация микроэлементов в мг/кг и кг/га, используемых для обработки почвы. (4) Концентрация раствора в %, применяемого для протравки + опрыскивания.

Табл. 4. Влияние микроэлементов на прибавку урожая зеленой массы суданской травы в кг/100 м². (1) Варианты. (2) Микроэлемент внесенный в почву. (3) Измеренное при протравливании + опрыскивании в период полужелти и в период полного созревания.

Табл. 5. Влияние микроэлементов, внесенных в почву на урожай сухого вещества суданской травы. (Срез зеленой массы: 5. VII. 1967 г.). (1) Уровень внесения микроэлементов. (2) Продуцированное сухое вещество (кг/100 м²) в варианте без Mn, Cu, Zn или Co и без суммы питательных веществ. А) Количество микроэлементов в общем количестве сухого вещества, усвоенное суданской травой (мг/100 м²). (4) Варианты (без Mn, Cu, Zn или Co и без суммы питательных веществ.) В) Вариационный анализ регрессии.

Табл. 6. Среднее содержание микроэлементов (мг/кг) в образцах суданской травы. (1) Элементы. (2) В образцах с почв обработанных микроэлементами. (3) В образцах с опрыскиванием. (4) В полужелтом состоянии. (5) В конце вегетационного периода.

Табл. 7. Сравнение данных по обеспеченности микроэлементами, полученных для образцов суданской травы, выращенной на болотистой почве с внесением удобрений, содержащих микроэлементы с литературными данными (36) по обеспеченности микроэлементами грубых и листовых кормовых трав, выращенных на незаболоченных почвах. (1) Элемент. (2) Содержание микроэлементов в грубых и листовых кормовых травах, выращенных на незаболоченной почве. (3) Процентная обеспеченность микроэлементами суданской травы, выращенной на заболоченной, удобренной микроэлементами, почве. (4) На обработанной почве в период полужелти и в конце вегетационного периода. (5) Опыливание.

Рис. 1. Изучение установления сорбционного равновесия радионуклидов Co—60, Cu—64, Zn—65 и Mn—54, между заболоченной почвой и водной фазой этой почвы в Кестхей в зависимости от времени.

Рис. 2. Усвоение железа суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания продурованного сухого вещества (объединенный образец с почв, обработанных микроэлементами и из вариантов с опрыскиванием).

Рис. 3. Усвоение марганца суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества в вариантах с обработкой почвы микроэлементами.

Рис. 4. Усвоение марганца суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества в вариантах с опрыскиванием.

Рис. 5. Усвоение цинка суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества, в вариантах с обработкой почвы микроэлементами.

Рис. 6. Усвоение цинка суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества, в вариантах с опрыскиванием.

Рис. 7. Усвоение меди суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества, в вариантах с обработкой почвы микроэлементами.

Рис. 8. Усвоение меди суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества, в вариантах с опрыскиванием.

Рис. 9. Усвоение кобальта суданской травой по отдельным вегетационным сосудам (0,05 м²) в зависимости от общего содержания сухого вещества (объединенный образец с вариантов, где почва обрабатывалась микроэлементами и из варианта с опрыскиванием).

Условные обозначения к рисункам 2—9.

× = Образцы суданской травы в полужелтом состоянии.

- ☒ = Образцы суданской травы в полуспелом состоянии без добавления определенного микроэлемента.
○ = Образцы суданской травы в состоянии полной спелости.
◻ = Образцы суданской травы в состоянии полной спелости без добавления определенного микроэлемента.
⊙ = Контрольные образцы без обработки микроэлементами.
N = Средние величины нормального обеспечения (по Тельдеши) и границы средних значений на 95% уровне достоверности (Р вероятность ошибки 5%).
K = Средние величины, полученные собственными измерениями и их граничные значения на 95% уровне достоверности (Р вероятность ошибки 5%).